



# 直播大讲堂—多通道信号产生与采集分析测试解决方案

主讲人：苏水金——泰克高级应用工程师

2020/10/30

# 泰克直播大讲堂系列?

## 第二季

热门主题! ? 前沿方案! ? 资深专家! ?

每周五, 与您相约泰克直播间!

精彩直播, 等您解锁!

主题	时间
实测直播: 利用真实DUT 进行PCIe Gen4实测	5.8
MIPI/LVDS物理层测试解决方案	5.15
DDR3/4的原理及信号完整性测试	5.22
新能源汽车电源及电机驱动测试分享	6.5
基于GaN的最新快充测试方案分享	6.19
高速电路设计中的电源完整性测试	7.10
它来了, 它来了, 最新DDR5来了	7.24
消费类电子产品常用测试实战	8.7
GaN/SiC的应用-新能源车充电桩测试	9.4
HDMI 2.1 FRL 测试自动化解决方案	9.18
计算机常用接口测试实战	10.16
宽带射频测试案例解析	10.23
<b>多通道信号仿真与采集分析测试解决方案</b>	10.30



关注“泰克科技”服务号



# Agenda for Multi-Channel Solution

- ❑ 多通道应用背景和需求
- ❑ 多通道产生和采集测试挑战
- ❑ 泰克多通道复杂信号产生方案
  - 基于AWG5200系列的多通道信号产生
  - 基于AWG70000B系列的多通道信号产生
  - 基于AWG5200/AWG7000B信号产生软件
- ❑ 泰克多通道信号采集分析方案
  - 基于MSO58LP多通道同步采集
  - 基于LPD64系列的多通道同步采集
  - 基于DPO70000SX系列的多通道同步采集系统
  - 信号分析软件
- ❑ 多通道测试案例分析
- ❑ 总结

# 多通道应用背景和需求

□现在很多电子系统采用多通道相参技术，这些系统都通过采用多通道相参技术来提高系统的工作性能。如复杂的调制和脉冲信号多路同时输出和采集——通信/雷达/光通信/量子/高能物理等

## □典型应用

- 无线通信系统中MIMO技术
- 相控阵雷达系统
- 光通信
- 量子计算
- 高能物理

## □测试系统包括：

- 多通道同步或非同步定制信号源
- 多通道同步或非同步宽带采集和分析

# 多通道应用需求-无线通信/雷达

□无线通信： MIMO技术充分利用多天线特性来抑制信道衰落，从而有效克服多径衰落、干扰等影响通信质量的主要因素，提高信号的链路性能

□ 雷达：有些雷达系统采用多通道相参技术，这个雷达系统都通过采用多通道相参技术来提高系统的工作性能，雷达系统通过相参多通道来提高电磁波束的扫描速度，并利用多波束技术来实现多功能或多用户应用。相控阵雷达的天线阵面也由许多个辐射单元和接收单元（称为阵元）组成，单元数目和雷达的功能有关，可以从几百个到几万个。

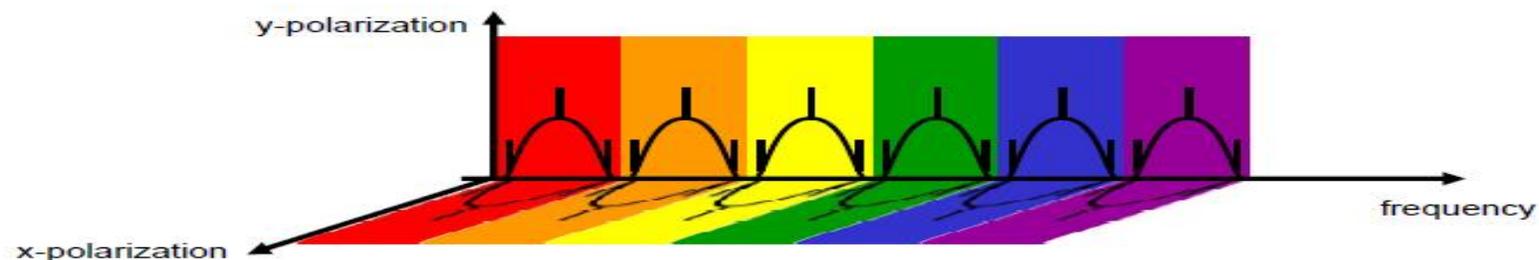
这些相参电子系统包含多个天线单元，通过信号处理、控制，达到对天线的波束合成、发射模式的自动优化功能。为了实现该功能，每个天线单元发射的信号必须满足相参的要求。

- 1) 波束指向灵活，能实现无惯性快速扫描，数据率高；
- 2) 一个雷达可同时形成多个独立波束，分别实现搜索等功能
- 3) 目标容量大，可在空域内同时监视、跟踪数百个目标；
- 4) 对复杂目标环境的适应能力强；
- 5) 抗干扰性能好。全固态相控阵雷达的可靠性高，即使少量组件失效仍能正常工作

# 多通道应用需求-相干光通信

- 随着社会对信息需求爆炸式的增长，低成本、超高速、超大容量、超长距离光纤传输系统越来越成为人们的追求目标。实现更低成本、更高谱效率的传输，比较可行的途径是使用高阶的调制格式以及偏振复用等。
- 光纤传输系统中与偏振复用结合，从而使系统容量加倍。具体方式是利用单模光纤信道中的两个正交偏振方向，分别在发射端正交的两个偏振模式上调制传输信号，然后通过偏振合束器耦合进入光纤信道，并在接收端通过偏振分束（或光混频）以及数字信号处理将两路正交偏振态上的信号进行分离，最后依据不同的调制格式进行解调。
- 光信号可以被分解为2个正交的偏振态。
- 每个偏振态可以独立的承载传输数据（可以将每个偏振态看成虚拟的传输通道）

由于偏振复用有两个偏振态，每个偏振态分别有两路基带I/Q信号，所以在偏振复用的相干光系统的四通道发射和四通道接收采集和分析。

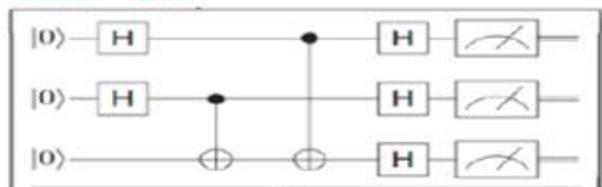


# 多通道应用需求-量子计算对多通道的需求

## 量子调控：确保量子计算机的可用性

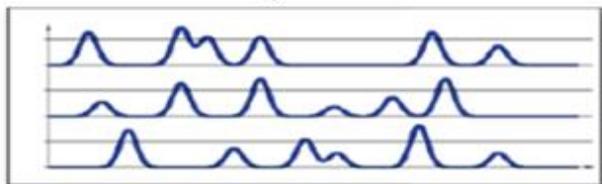
### 量子计算中的量子调控

#### 量子线路



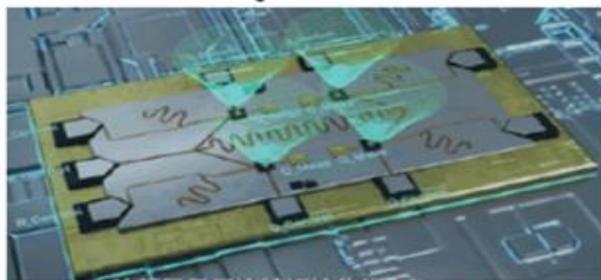
转换

#### 调控脉冲

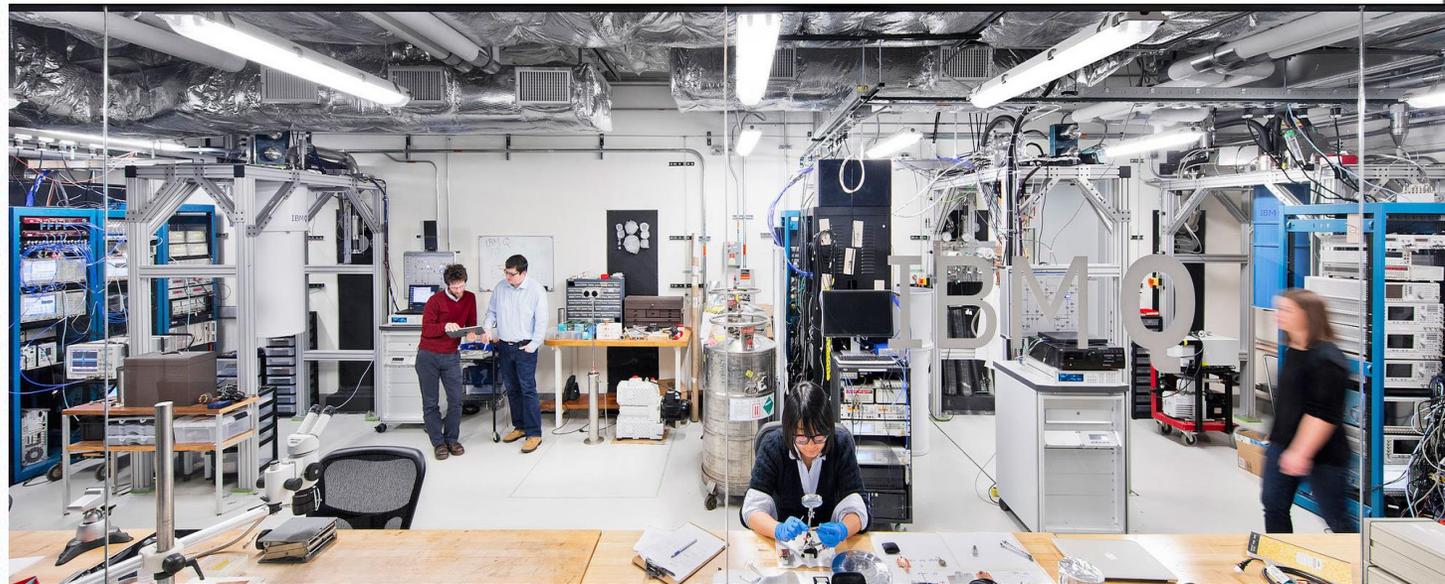


施加

#### 量子比特



**量子计算中的量子调控：**量子计算中的量子调控是将量子线路转化为操控量子比特的外场脉冲(微波、激光、射频或电流等)的技术，是研究如何**减小时延**和提高量子比特**操控精度**从而确保量子计算机可用性的关键技术。



# Agenda for Multi-Channel Solution

- ❑ 多通道应用背景和需求
- ❑ 多通道产生和采集测试挑战
- ❑ 泰克多通道复杂信号产生方案
  - 基于AWG5200系列的多通道信号产生
  - 基于AWG70000B系列的多通道信号产生
  - 基于AWG5200/AWG7000B信号产生软件
- ❑ 泰克多通道信号采集分析方案
  - 基于MSO58LP多通道同步采集
  - 基于LPD64系列的多通道同步采集
  - 基于DPO70000SX系列的多通道同步采集系统
  - 信号分析软件
- ❑ 案例分析
- ❑ 总结

# 多通道复杂信号产生和采集分析测试挑战

1. 发射端：要求多台信号源模拟的多路信号之间必须实现同步。
2. 接收端：必须确保多路接收通道之间的同步接收和分析。
3. 信号复杂：模拟信号，数字信号，调制信号等
4. 通道之间时间延迟或相位可调
5. 高精度：精度可能是ps级
6. 多通道信号分析

# Agenda for Multi-Channel Solution

- ❑ 多通道应用背景和需求
- ❑ 多通道产生和采集测试挑战
- ❑ 泰克多通道复杂信号产生方案
  - 基于AWG5200系列的多通道信号产生
  - 基于AWG70000B系列的多通道信号产生
  - 基于AWG5200/AWG7000B信号产生软件
- ❑ 泰克多通道信号采集分析方案
  - 基于MSO58LP多通道同步采集
  - 基于LPD64系列的多通道同步采集
  - 基于DPO70000SX系列的多通道同步采集系统
  - 信号分析软件
- ❑ 案例分析
- ❑ 总结

# Tektronix

## 基于AWG5200多通道同步信号产生方案



# AWG5200 多通道任意波形产生器

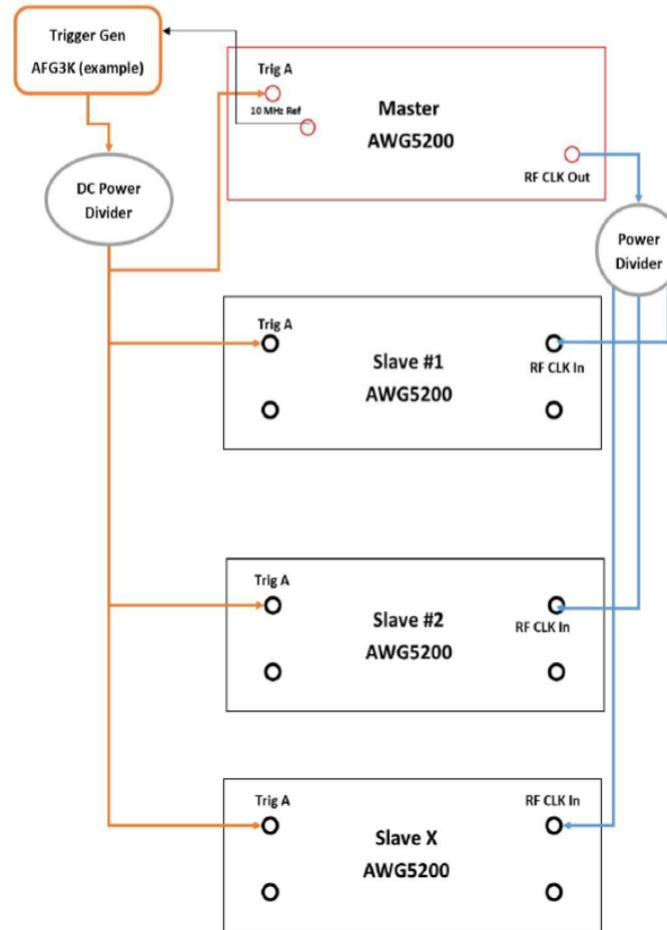
单台AWG5200关键指标:

- 采样率: 300S/s~2.5GS/s或5GS/s
- 垂直分辨率: 16bits
- 输出频率范围: DC~ 4GHz (数字上变频选件)
- 模拟通道数: 2/4/8通道
- 数字数字通道数: 8/16/32通道
- 调制带宽: 2.0GHz
- 单端输出幅度: 最高5Vp-p
- SFDR : -80dBc
- 内存长度: 每通道2G样点
- 多通道同步: 多台AWG5208同步可达100多通道模拟数字同时输出



# 多台AWG5200 同步——大于8通道模拟信号输出

- 支持4/8台AWG，32/64个通道以上同步
- 通道间skew: 小于50ps
- 通道输出相参或非相参
- 手动Deskew校准
- 通道之间的延迟和相位可调



# Tektronix

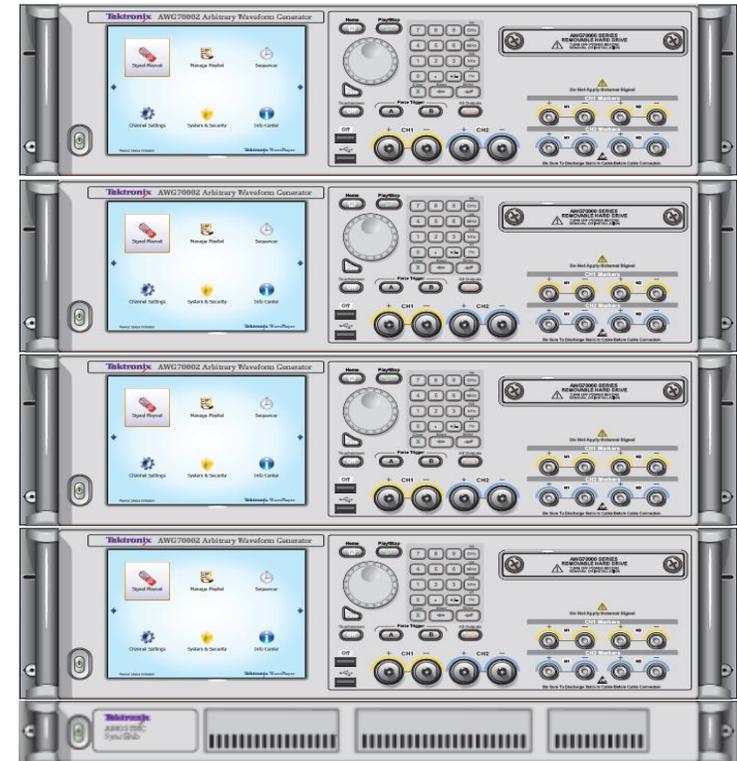
## 基于AWG70000B多通道同步信号产生方案



# 单HUB 4台 AWG70000B 同步产生8通道信号输出

4台AWG70002B关键指标:

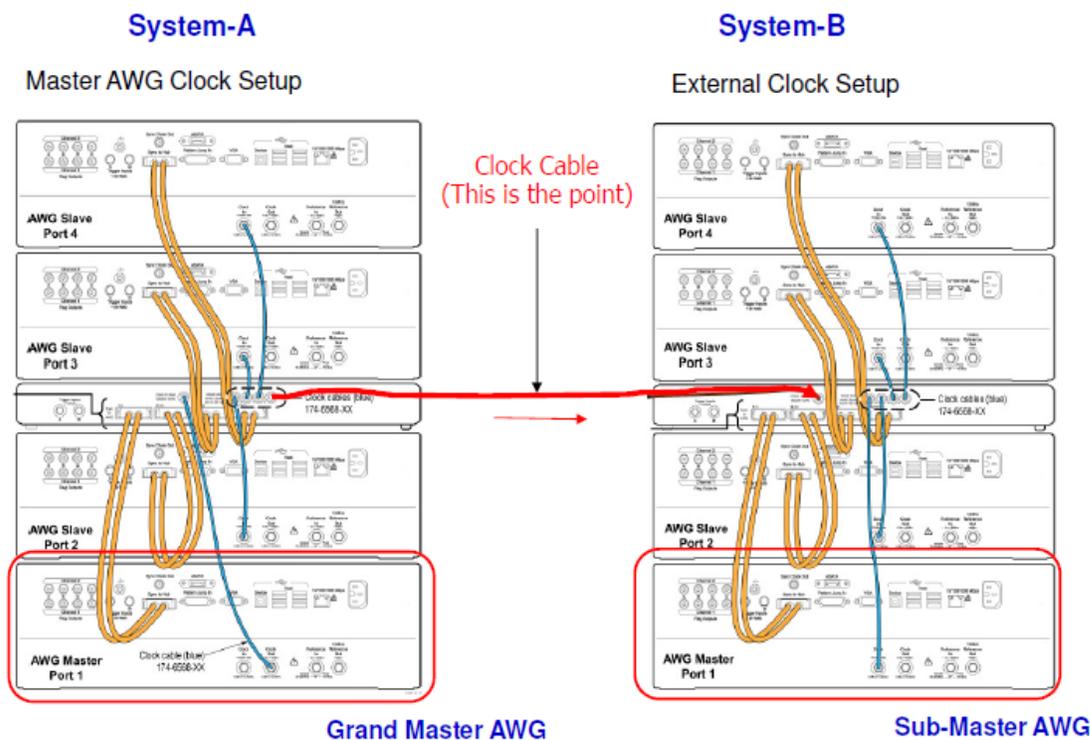
- 采样率: 1.5kS/s~25GS/s
- 垂直分辨率: 10bits
- 输出频率范围: DC~10GHz
- 模拟通道数: 2/4/6/8通道
- 数字通道数: 4/8/12/16通道
- SFDR : -80dBc
- 内存长度: 最高每通道16G样点
- 单台HUB可支持4台AWG, 8个模拟通道同步
- 通道间skew:  $\pm 10\text{ps}$
- 通道输出相参或非相参
- 自动Deskew校准



# 两个HUB 级联实现更多AWG70000B 同步——16通道信号输出

8台AWG70002B关键指标:

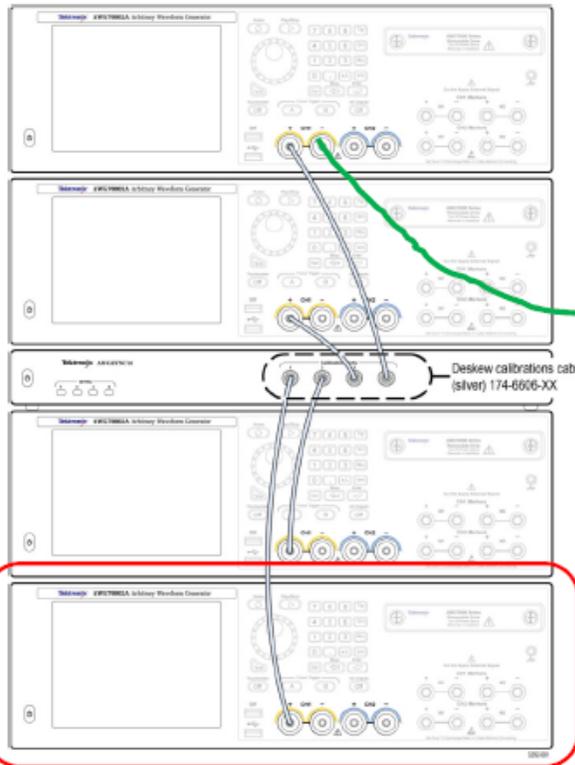
- 采样率: 1.5kS/s~25GS/s
- 垂直分辨率: 10bits
- 输出频率范围: DC~10GHz
- 模拟通道数: 10/12/14/16通道
- 数字通道数: 20/24/28/32通道
- SFDR : -80dBc
- 内存长度: 最高每通道16G样点
- 多台HUB可支持更多AWG, 大于16个模拟通道同步
- 通道输出相参或非相参



# Sync up to 8 AWG70000B skew校准

## System-A

Master AWG Clock Setup



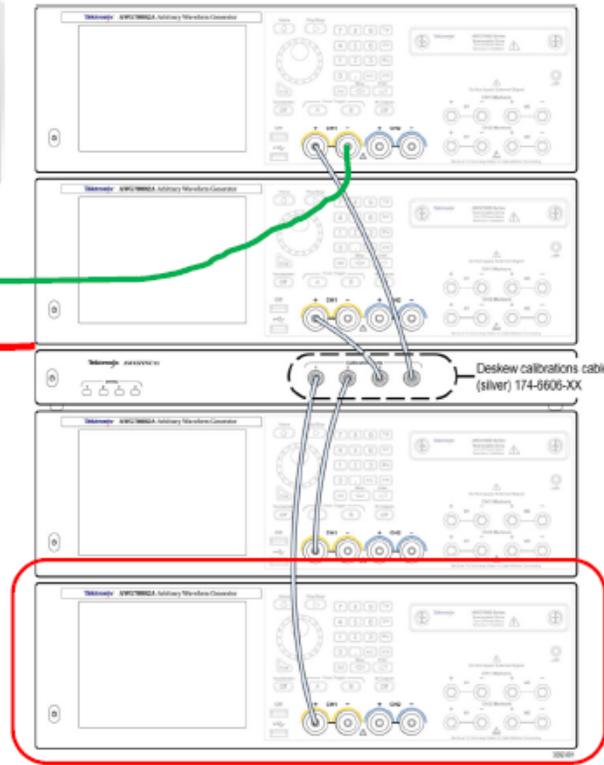
Grand Master AWG

Same connections for calibration in front in both systems



## System-B

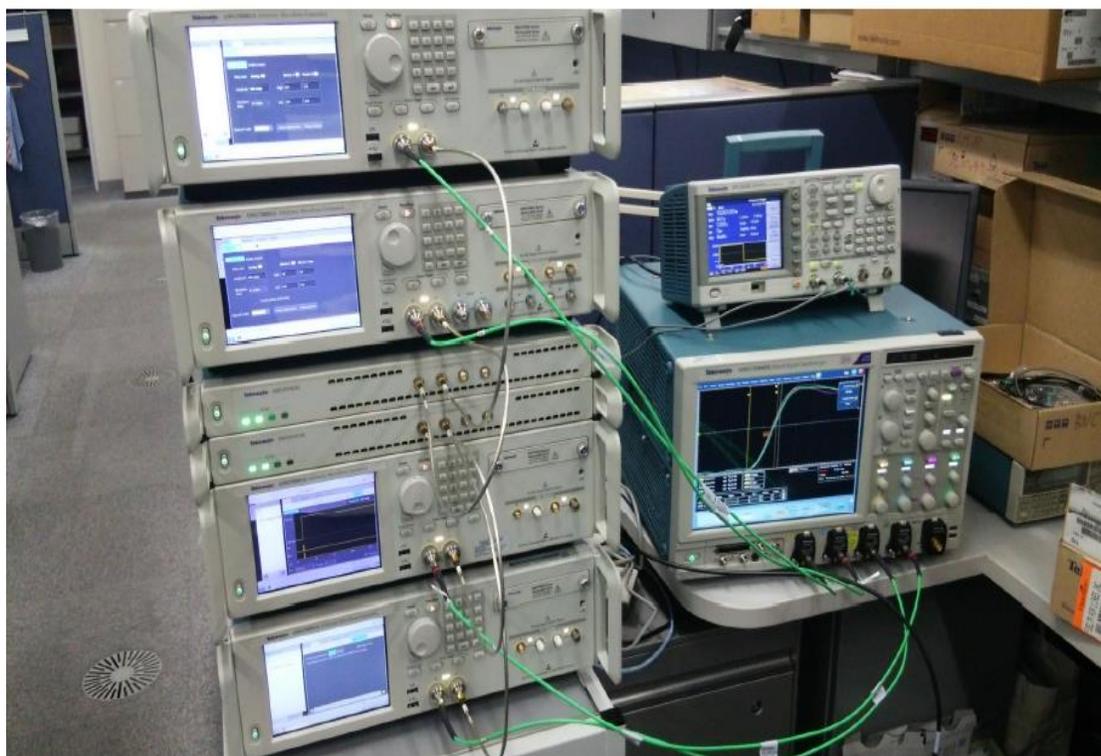
External Clock Setup



Sub-Master AWG



# Sync up to 8 AWG70000B 实验



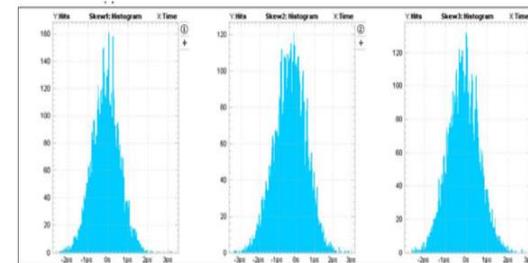
# Sync up to 8 AWG70002B 实验测试结果

## Proof Test v2 Results

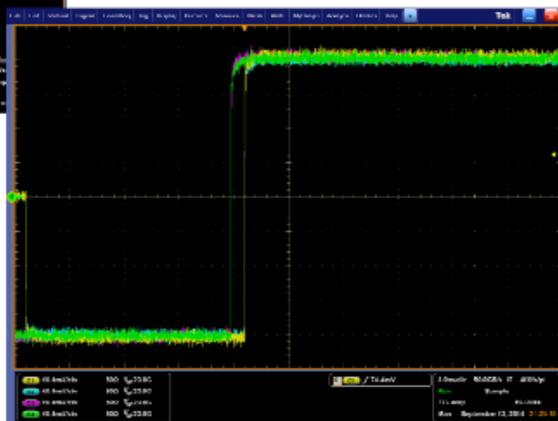
- I was able to get the 3 stacks tightly sync'd

Description	Mean	Std Dev	Max	Min	High Limit	Low Limit	High Margin	Low Margin	p-p	Population	Max-cc	Min-cc	Pass/Fail
Skew1, Ch1, Ch2	-117.03fs	666.69fs	3.1315ps	-2.4431ps	--	--	--	--	5.5746ps	8916	3.5789ps	-3.4428ps	--
Skew2, Ch1, Ch3	-329.72fs	838.02fs	2.8325ps	-3.3710ps	--	--	--	--	6.2035ps	8916	4.5306ps	-5.0677ps	--
Skew3, Ch1, Ch4	-141.10fs	733.32fs	2.6834ps	-2.6118ps	--	--	--	--	5.2952ps	8916	3.6221ps	-3.4222ps	--

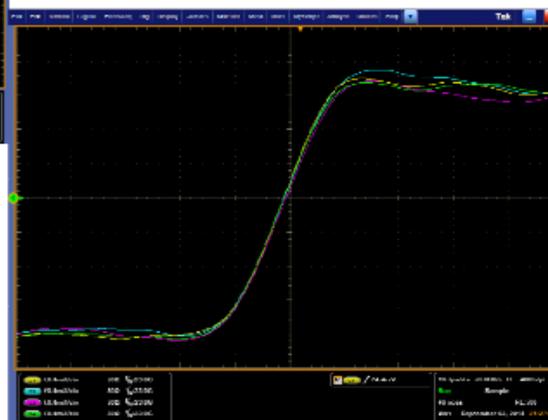
JanelCail Summary



Adjusted by AFG trigger system



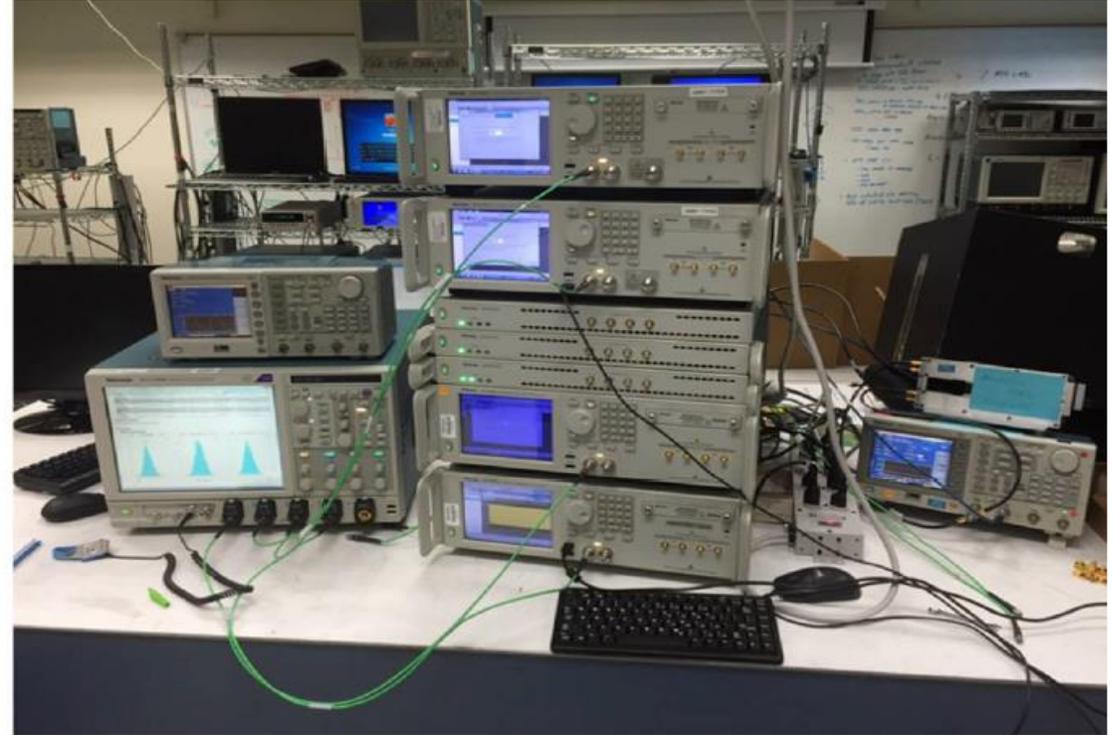
Adjusted by



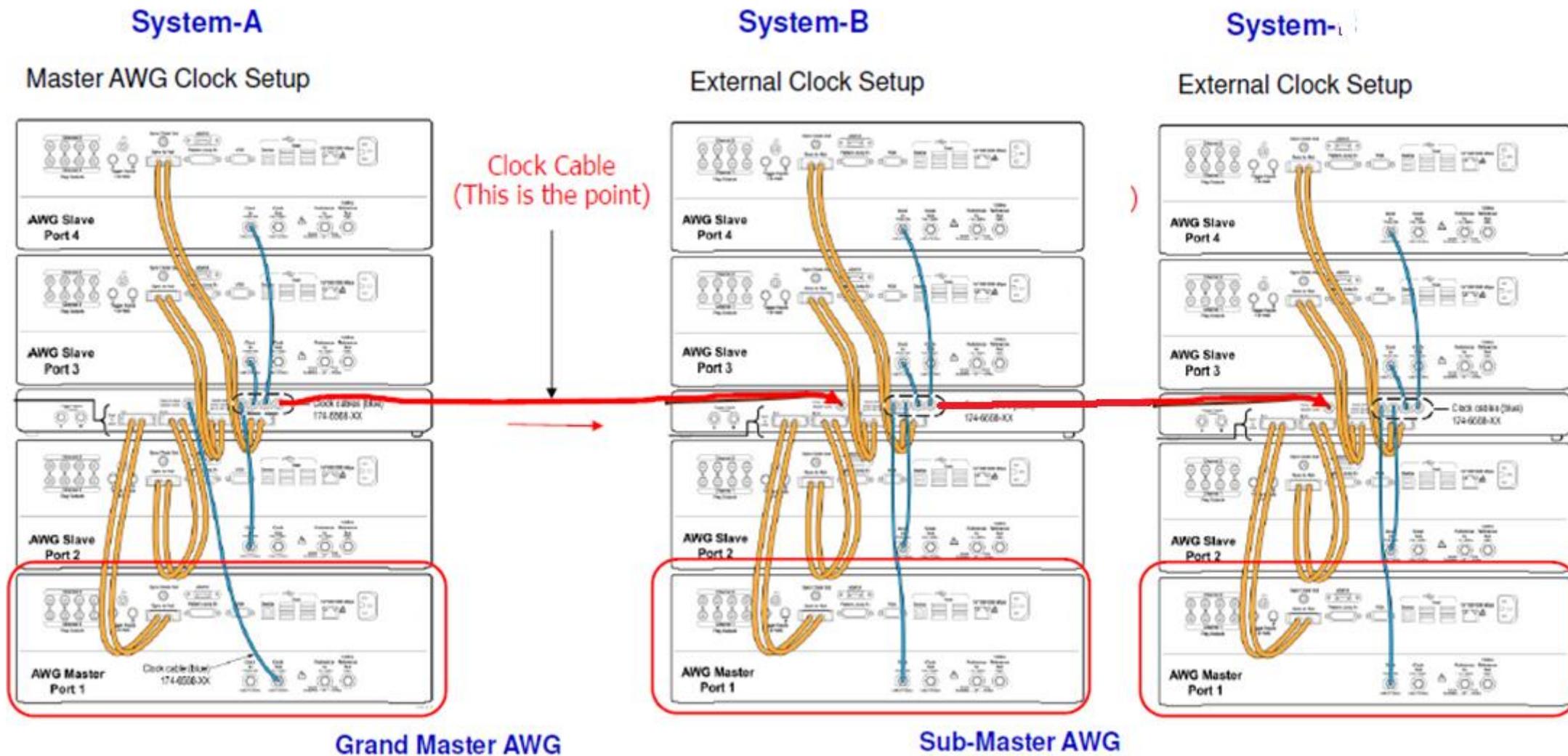
# 多HUB 级联实现更多AWG70002B 同步——大于16通道信号输出

8台AWG70002B关键指标:

- 采样率: 1.5kS/s~25GS/s
- 垂直分辨率: 10bits
- 输出频率范围: DC~10GHz
- 模拟通道数: 10/12/14/16通道
- 数字通道数: 20/24/28/32通道
- SFDR : -80dBc
- 内存长度: 最高每通道16G样点
- 多台HUB可支持更多AWG, 大于16个模拟通道同步
- 通道输出相参或非相参



# Sync up to 12 AWG70000B 时钟同步



# Agenda for Multi-Channel Solution

- 多通道应用背景和需求
- 多通道产生和采集测试挑战
- 泰克多通道复杂信号产生方案
  - 基于AWG5200系列的多通道信号产生
  - 基于AWG70000B系列的多通道信号产生
  - 基于AWG5200/AWG7000B信号产生软件
- 泰克多通道信号采集分析方案
  - 基于MSO58LP多通道同步采集
  - 基于LPD64系列的多通道同步采集
  - 基于DPO70000SX系列的多通道同步采集系统
  - 信号分析软件
- 案例分析
- 总结

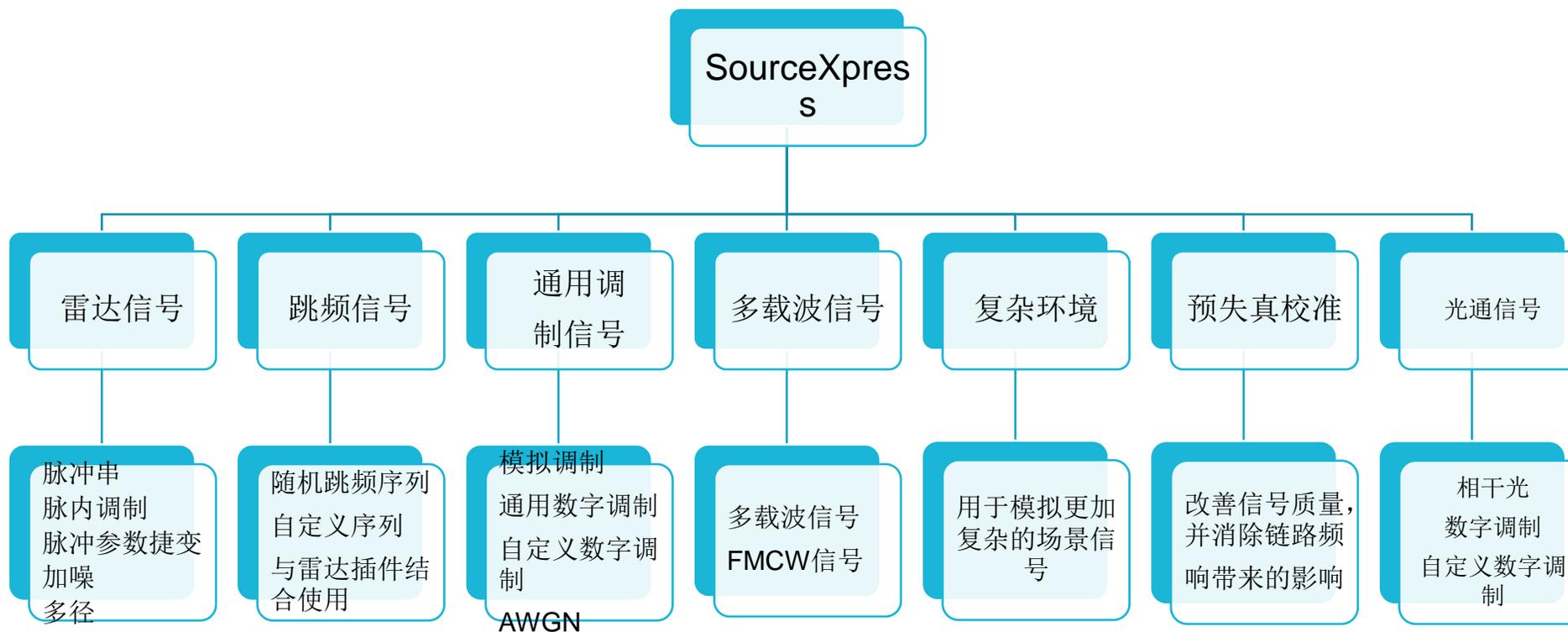
# Tektronix

## 基于AWG的信号产生软件方案



# SourceXpress使得复杂场景模拟更加简单

- 新一代波形制作软件SourceXpress可提供丰富的场景模拟功能



# Agenda for Multi-Channel Solution

- 多通道应用背景和需求
- 多通道产生和采集测试挑战
- 泰克多通道复杂信号产生方案
  - 基于AWG5200系列的多通道信号产生
  - 基于AWG70000B系列的多通道信号产生
  - 基于AWG5200/AWG7000B信号产生软件
- 泰克多通道信号采集分析方案
  - 基于MSO58LP多通道同步采集
  - 基于LPD64系列的多通道同步采集
  - 基于DPO70000SX系列的多通道同步采集系统
  - 信号分析软件
- 案例分析
- 总结

# Tektronix

## 泰克基于实时示波器的多通道同步采集分析方案



# Tektronix

## 基于MSO58LP多通道同步采集和分析方案



# Multi-MSO58LP Synchronization

关键指标:

- 带宽: 1GHz
- 模拟通道数: 8/16/24/32/40/48/56/64/72/80...128通道
- 数字通道数: 32/48/64/128/256/512/1024
- 实时采样率: 每通道6.25 GS/s (数字通道和模拟通道)
- 最大记录长度: 每通道125 M样点 (数字通道和模拟通道)
- ADC分辨率: 12 bits , (16 bits 高分辨率模式)
- 操作系统: 封闭Linux系统
- 集成50MHz AFG
- 集成数字电压表/频率计
- 多台同步精度:  $\pm 100\text{ps}$



# Tektronix

## 基于LPD64多通道同步采集分析方案



# Multi-LPD64 Synchronization

关键指标:

- 带宽: 1/2.5/4/6/8GHz
- 模拟通道数: 4/8/12/16/20/24/28/32/36/40...64通道
- 实时采样率: 每通道25GS/s
- 最大记录长度: 每通道250M样点
- ADC分辨率: 12bits, (16 bits 高分辨率模式)
- 操作系统: 封闭Linux系统
- 集成50MHz AFG
- 集成数字电压表/频率计
- 多台同步精度:  $\pm 50\text{ps}$



# Tektronix

## 基于DPO70000SX多通道同步采集分析方案



# 基于DPO70000SX系列示波器的多通道同步采集

关键指标:

- 带宽: 13/16/23/33/50/59/70GHz
- 模拟通道数: 4/8/12/16通道
- 实时采样率: 每通道50GS/s或100GS/s或200GS/s
- $<125\text{fs}$ 抖动噪底
- $\geq 25\text{GHz}$ 边沿触发带宽
- 每条通道高达1 G样点记录长度
- $<40\text{ps}$ 毛刺触发宽度
- RF包络触发类型 (载波可达15GHz)
- 紧凑的示波器封装
- 低噪声ATI结构
- 同步精度: 250fsRMS

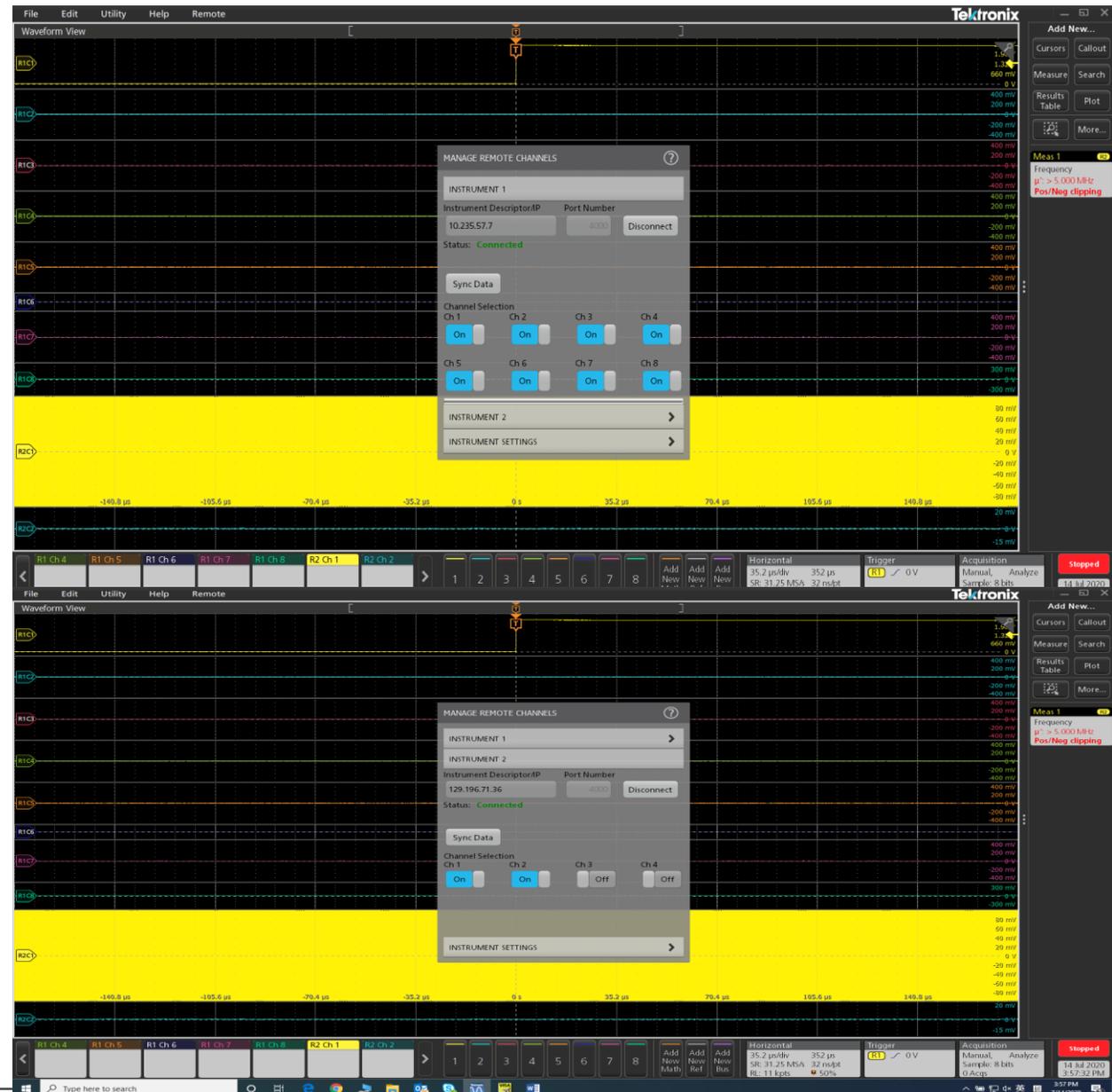


# Agenda for Multi-Channel Solution

- 多通道应用背景和需求
- 多通道产生和采集测试挑战
- 泰克多通道复杂信号产生方案
  - 基于AWG5200系列的多通道信号产生
  - 基于AWG70000B系列的多通道信号产生
  - 基于AWG5200/AWG7000B信号产生软件
- 泰克多通道信号采集分析方案
  - 基于MSO58LP多通道同步采集
  - 基于LPD64系列的多通道同步采集
  - 基于DPO70000SX系列的多通道同步采集系统
  - 多通道同步和信号分析软件
- 案例分析
- 总结

# TekScope Analysis

- All channels data is shown in a centralized place on TekScope, and you can now run measurements on all of these channels at once.
- Currently works with 4/5/6 Series MSO. Remote Connection via LAN.

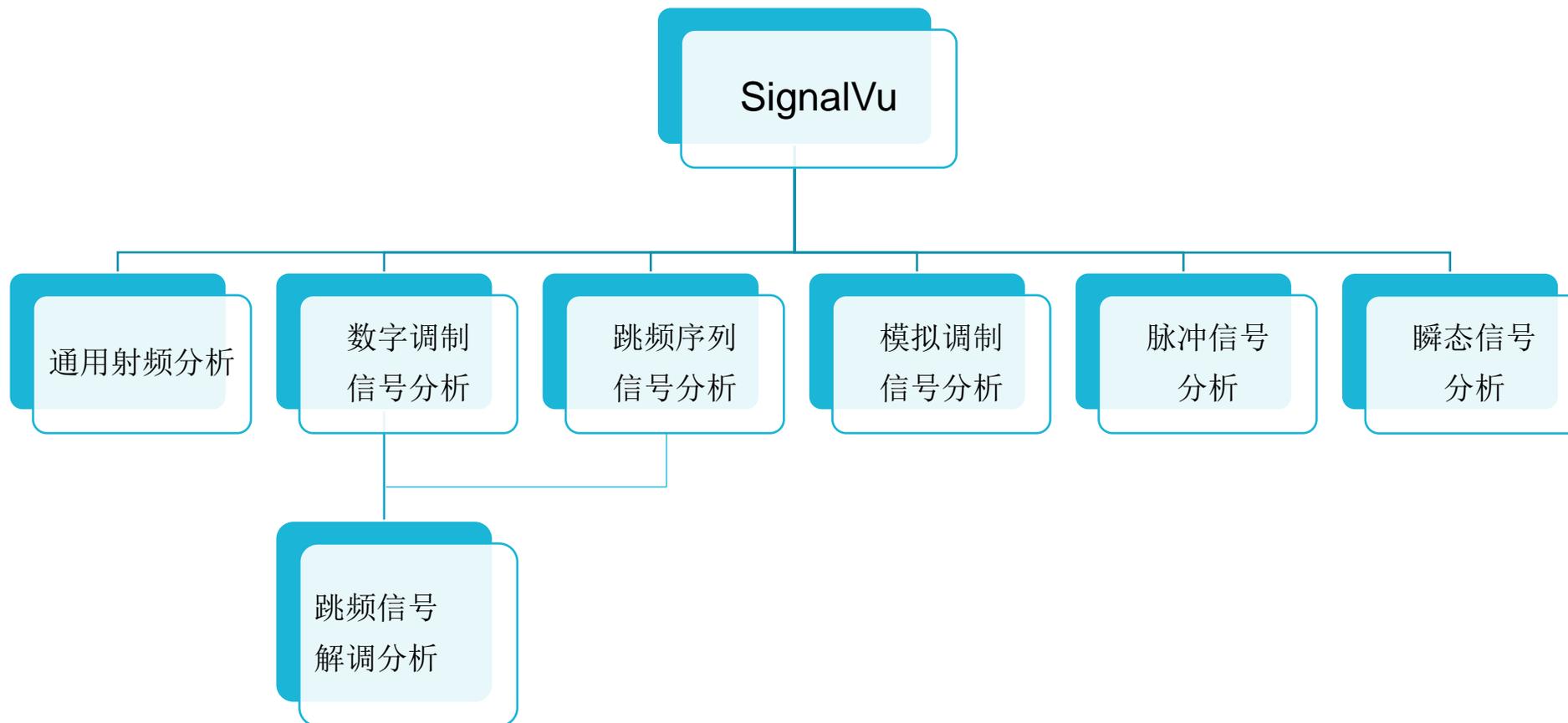


# Multi-Scope Analysis软件

- Modular channel system that can be expanded up to 32 channels and acquire real-time data from 4 scopes!
- Data triggering occurs at the same time to ensure you emulate a scope with this amount of channels.
- All channels data is shown in a centralized place on TekScope, and you can now run measurements on all of these channels at once.
- Currently works with 4/5/6 Series MSO. Remote Connection via LAN.



# 泰克可提供丰富的信号分析方案

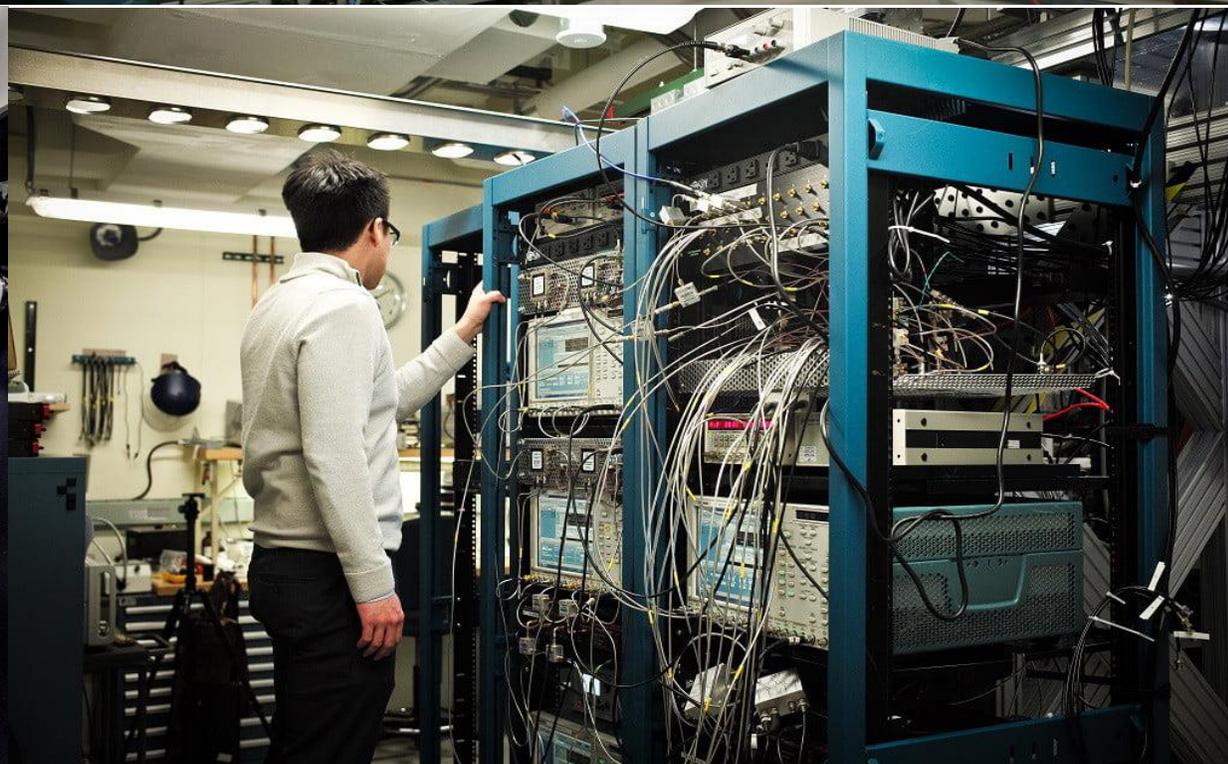
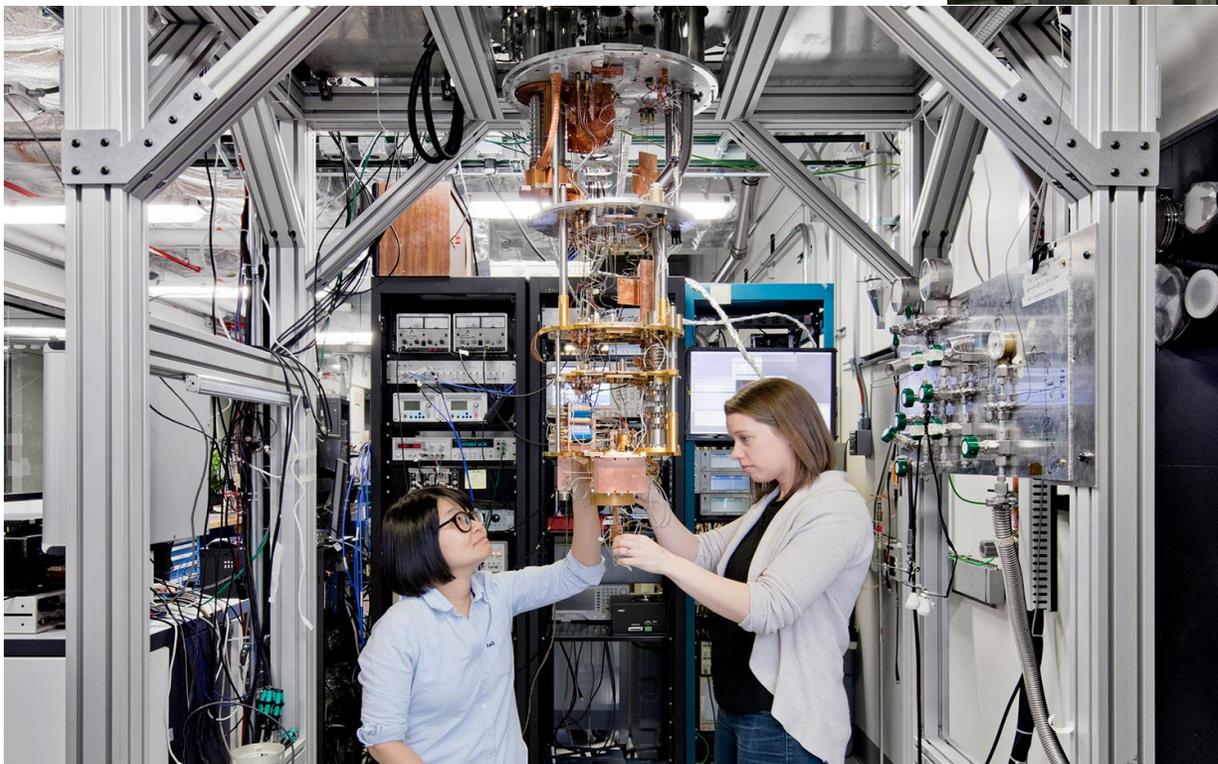
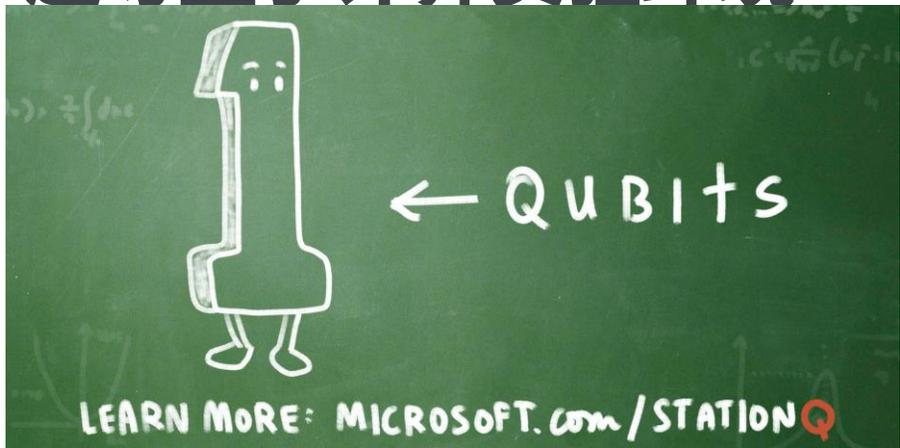


考虑因素：分析功能，分析带宽，载波频率

# Agenda for Multi-Channel Solution

- 多通道应用背景和需求
- 多通道产生和采集测试挑战
- 泰克多通道复杂信号产生方案
  - 基于AWG5200系列的多通道信号产生
  - 基于AWG70000B系列的多通道信号产生
  - 基于AWG5200/AWG7000B信号产生软件
- 泰克多通道信号采集分析方案
  - 基于MSO58LP多通道同步采集
  - 基于LPD64系列的多通道同步采集
  - 基于DPO70000SX系列的多通道同步采集系统
  - 信号分析软件
- 案例分析
- 总结

# 超导量子计算实验环境



# 泰克多通道信号产生和采集分析系统案例



并使用整个发射机生成400 G信号

# Tektronix

## 泰克多通道信号产生和采集分析方案总结



# 泰克多通道信号产生和采集分析系统方案



SourceXpress信号产生软件

SignalVu矢量信号分析软件

**Thanks**